鳳梨果實生理劣變發生之可能原因

陳京城[1]

摘 要

鳳梨 (*Ananas comosus* (L.) Merr.) 果肉水浸狀生理劣變 (Translucency) 一般於果實接近成熟時開始出現，且隨著成熟度增加而增加。蔗糖是鳳梨果實成熟期主要累積的糖類，而同一時期細胞壁蔗糖轉化酵素 (Cell-wall invertase) 活性亦隨著果實成熟度增加而上昇，且生理劣變越嚴重的果實其果肉細胞壁蔗糖轉化酵素活性越高，推測可能因細胞壁蔗糖轉化酵素活性增高促進光合產物蔗糖卸載 (Unloading) 於細胞質體外 (Apoplast)，而卸載之蔗糖經轉化酵素分解成葡萄糖和果糖，導致細胞質體外的溶質濃度昇高（水分潛勢降低），促進水分子向此區域移動，因而產生水浸狀之症狀。

前言

產生生理劣變之鳳梨 (*Ananas comosus*) 果肉細胞間空隙 (Free space) 充滿氣體，孔隙度 (Porosity) 降低，果肉呈水浸狀。此類果實有較高的比重，此特性常被用來判斷果實是否有生理劣變。生理劣變嚴重時整個果實之果肉均呈水浸狀，風味差，帶有過熟異味，且果肉較脆弱，於採收運輸過程中易受機械性傷害，採收前也較易受病原菌侵襲。因果肉相對含水量

1. 國立中興大學園藝系助理教授

較高，採收後易從果實基部果梗切口滲漏出液體 (Peduncle end leakage) ，因此易感染黴菌 (如 *Penicillium*) 及採收後病害如黑腐病 (Black rot)，影響商品價值及儲架壽命 (Shelf-life) 。

可能影響鳳梨果肉生理劣變發生的因子包括：遺傳性 (品種) 、溫度、日照、水分、營養元素、果實及果冠大小、植株大小及種植密度、細胞壁及細胞膜完整性、果實成熟度及糖類代謝等。類似的果肉水浸狀生理劣變也常發生於其他水果，如蘋果和梨的水心病 (Watercore) 及芒果凝膠果肉 (Jelly-seed) 。造成上述生理劣變的主要原因目前尚不清楚，本文主要討論各種可能因子對鳳梨果實生理劣變發生之影響，並針對各因子間之可能交互影響進行討論。

一、遺傳特性(品種)

目前鳳梨品種分類相當混亂，不同鳳梨品種產生果肉水浸狀生理劣變的機率有顯著的差異。 Py et al. (1987) 指出易發生之品種有 Perolera ，中度嚴重者有 Cayenne 和 Spanish ，不嚴重者有 Queen 和 Pernambuco 。其中 Perolera 應屬於 Maipure 群，而 Pernambuco 應屬於 Abacaxi 群 (Leal & Soule, 1977) 。 Cayenne(開英) 群為目前世界上最重要的栽培品系，屬於水浸狀生理劣變中度嚴重者。

二、溫度

Paull & Reyes(1996) 調查採收前之平均氣溫與採收時鳳梨果實生理劣變發生率及嚴重性之相關性，發現採收前 3 個月的氣溫與採收時果實生理劣變發生率及嚴重性有極顯著的負相關，意即採收前 3 個月的氣溫愈低其採收時生理劣變發生率及嚴重性愈高。何種因素造成此相關性目前仍不清楚，一種可能是採收前 3 個月 (即幼果期) 之高溫可增加果實對成熟期高溫的忍受度 (Tolerance) ，因採收前 8 週提高果實溫度之處理可降低果肉細胞膜之電解質滲漏度 (Chen & Paull, 2001) ，而如果幼果期之氣溫較低，則果實於成熟期對高溫之忍受度也相對較低。 Paull & Reyes (1996)

報告指出在夏威夷一年中鳳梨果肉水浸狀生理劣變發生最嚴重的月份為4~5月，最輕微的月份為10～12月，各往前推3個月即其幼果期分別為1~2月（氣溫最低）和7~9月（氣溫最高）。此結果與早先認為高溫是導致生理劣變發生之因素並不一致，因此溫度與果實生理劣變發生之關係需做更進一步之研究。

三、日照

高溫期 (> 35 ℃) 直接日照可能造成鳳梨果實日燒，有生理劣變的果實較易發生日燒。日燒之果實當果皮外表尚未出現明顯症狀時果肉即可能出現水浸狀之劣變。接近成熟期之倒伏果的受陽面 (Exposed portion) 果肉常有水浸狀之生理劣變發生，但背陽面 (Shaded portion) 果肉則無。三或四列式之種植方式，兩側所生產之鳳梨果實較中間列生產之果實有較高之生理劣變發生率，可能與外側植株受到的日照較強有關 (Linford, 1933)。

四、水分

在降雨量較低的地區，灌溉可增加鳳梨果重，但果肉水浸狀生理劣變之發生率及嚴重性也上昇。在經過一段乾旱期後之大雨也常造成水浸狀生理劣變果實增加，可能與果實於短時間內吸收過多水分有關 (Py et al., 1987)。

五、營養元素

施肥量增加會增加鳳梨果實生理劣變之發生率 (Linford, 1934b)，特別是氮肥施用過高易增加生理劣變之發生率及嚴重性 (Magistad & Linford, 1934)。在土壤缺鐵的地區（如夏威夷）施用鐵肥可增加果實重量但也增加生理劣變之發生率及嚴重性 (Linford, 1934a)。鈣離子對鳳梨果肉水浸狀生理病變發生之影響目前並不清楚，水浸狀生理劣變之果肉組織鈣含量並沒有顯著低於正常的果肉組織 (Paull, unpublished data)，不過鳳梨果肉鈣離子濃度及細胞壁對二價陽離子的結合能力均隨果實成熟度

增加而下降 (Chen & Paull, unpublished data)，因此鈣離子在鳳梨果肉生理劣變發生上所可能扮演的角色需更進一步的研究。

六、果實及果冠大小

同一塊田的鳳梨果肉水浸狀生理劣變較易發生於大果，隨著果實重量增加而增加 (Bowden, 1969)。施用促進果實肥大藥劑增加果實重量時也常造成水浸狀生理劣變發生率之增加。

Paull & Reyes(1996) 報告指出一年之中鳳梨果實生理劣變發生之嚴重性與果冠重量呈顯著負相關，但在採收前 10 週或 2 週去除果冠均不會對果實大小及生理劣變發生率有顯著影響 (Chen & Paull, 2001)，因此果冠大小應該不是一個重要的影響因子。

七、植株大小和植株密度

一般鳳梨種植時之苗愈大其植株生長發育愈快，所生產之果實也愈大，而水浸狀生理劣變也愈嚴重 (Sideris & Krauss, 1935)。另外，植株種植密度愈小，其所生產的果實愈大且生理劣變也愈嚴重 (Linford & Mehrlich, 1934)，可能因為植株間對土壤水分及養分的競爭性較低及相臨植株間相互遮陰的程度較低的緣故。

八、細胞壁及細胞膜完整性

Soler(1994) 認為鳳梨果肉水浸狀生理劣變是因果肉細胞提早老化，發生劣變的組織其細胞膜之滲漏度較正常組織高。Chen & Paull(2001) 報告指出鳳梨果肉細胞細胞膜電解質之滲漏度隨果實成熟度增加而增加，尤其在採收前最後 4 週增加快速，於此時期採收後之熱處理 (48 ℃，24 hrs) 可造成細胞膜電解質之滲漏度顯著增加，並可誘導果肉水浸狀生理劣變發生。因此成熟期之高溫（特別是高果溫）可能是誘導生理劣變發生的因子之一。

九、果實成熟度及糖類代謝

鳳梨果肉水浸狀生理劣變一般先發生於基部的果肉，嚴重時整個果實果肉組織均呈水浸狀。Soler(1993) 認為鳳梨果肉水浸狀生理劣變是因果肉早熟的緣故，且 Py et al. (1987) 認為果肉生理劣變之發生機制與果皮轉色無關，因為生理劣變可能發生於果皮仍是綠色之果實。但一般而言，生理劣變之發生率及嚴重性隨成熟度增加而增加。

鳳梨果實成熟期主要累積的糖類為蔗糖，於採收前 4~6 週蔗糖開始快速累積，而同一時期果肉組織細胞壁蔗糖轉化酵素 (Cell-wall invertase) 活性也快速上昇 (Chen & Paull, 2000)。鳳梨果肉水浸狀生理劣變之嚴重性也與細胞壁蔗糖轉化酵素的活性呈正相關。另外，採收前 3~4 週除葉處理可顯著降低水浸狀生理劣變之發生，同時細胞壁蔗糖轉化酵素的活性也降低 (Chen & Paull, 2000)。細胞壁蔗糖轉化酵素可能是控制蔗糖在果肉組織細胞膜外卸載 (Apoplastic unloading) 的關鍵酵素，此酵素可能也受 Source（源）之調節，因此當葉片所能提供的光合產物減少時（如除葉處理）其活性也跟著降低 (Chen & Paull, 2000)。

結論

鳳梨果肉組織於採收前約 6 週蔗糖累積開始增加，同一時期細胞膜之通透性也快速增加 (Chen & Paull, 2000)，接著細胞壁蔗糖轉化酵素活性也快速上昇，伴隨著最初期的水浸狀生理劣變症狀之出現。因此，鳳梨果肉水浸狀生理劣變之發生主要應與果實發育後期糖類的累積與細胞壁蔗糖轉化酵素的活性有關。當然，採收前如遇高溫也可能誘導此生理劣變之發生。

參考文獻

1. Bowden, R. P. 1969. Further studies on ripeness in pineapples. Food Technol . Aust. 21:160-163.

2. Chen C. and R. E. Paull. 2000. Sugar metabolism and pine apple flesh translucency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125(5):558-562.
3. Chen C. and R. E. Paull. 2001. Fruit temperature and crown removal on the occurrence of pineapple fruit translucency. Sci. Hortic. 88:85-95.
4. Leal F. J. and J. Soule. 1977. "Maipure" a new spineless group of pineapple cultivars. Hort. Science 12(4):301-305.
5. Linford, M. B. 1933. Fruit quality studies part I. introduction. Pineapple Quarterly 3:28-39.
6. Linford, M. B. 1934a. Fruit quality studies IV. Relationship of iron spray to fruit quality and fruit disease. Pineapple Quarterly 4:23-37.
7. Linford, M. B. 1934b. Fruit quality studies VII. Variations in fruit and crown characters associated with amounts of fertilizer and with time of ripening in C.P.C. experiment D-2, Kahuku, 1932. Pineapple Quarterly 4 :144-151.
8. Linford, M. B. and F. P. Mehrlich. 1934. Fruit quality studies VIII. Some influences of plant spacing in Kauai pineapple company experiment 17. Pineapple Quarterly 4:152-159.
9. Magistad, O. C. and M. B. Linford. 1934. Fruit quality studies VI. Effect of nitrogen, phosphorus and potash in a deficient soil. Pineapple Quarterly 4:131-143.
10. Paull, R. E. and M. E. Q. Reyes. 1996. Preharvest weather conditions and pineapple fruit translucency. Sci. Hortic. 66:59-67.
11. Py, C., J. J. Lacoeuilhe, and C. Teisson. 1987. The pineapple cultivation and uses. G.-P. Maisonneuve et Larose. Paris.
12. Sideris, C. P. and B. H. Krauss. 1935. The effect of the initial

weight of the planting material on the time of fruit harvest and the weight of the fruit. Pineapple Quarterly 5:233-237.

13. Soler, A. 1993. Enzymatic characterization of stress induced translucence of pineapple flesh in the Ivory Coast. Acta Hortic. 334:295-304.

14. Soler, A. 1994. Deviation de la maturation chez l'ananas: le"jaune" ou translucidite I. Caracteristiques physiques et chimiques du fruit translucide . Fruits 49:5-15.

Factors correlated to the occurrence of pineapple flesh translucency

Ching-Cheng Chen
Department of Horticulture,
National Chung Hsing University

Abstract

Pineapple(*Ananas comosus* (L.) Merr.) flesh translucency starts to occur when fruit are nearly mature and the incidence and severity increase with development, suggesting that translucency is related to maturity and possibly sugar accumulation. Sucrose is the major sugar accumulated in pineapple flesh during maturation, followed by an increase in the activity of cell-wall invertase(CWI) and the occurrence of translucency. Pineapple fruit flesh with more severe translucency has higher CWI activity. It seems that high CWI activity in pineapple flesh at the later stage of fruit development enhances sucrose unloading into the flesh apoplast, leading to increased apoplastic solute concentration(decreased solute and water potential) and subsequent water movement into the apoplast. This, in turn, may lead to the occurrence of translucency.

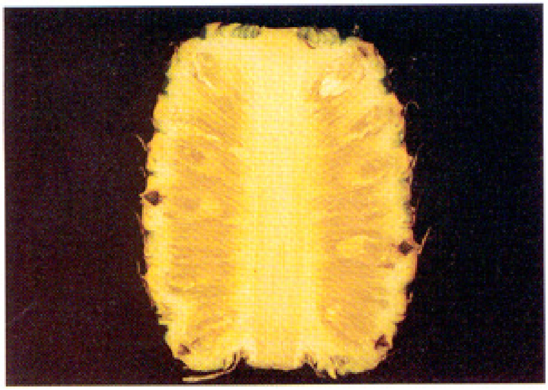

圖1.成熟鳳梨果實果肉水浸狀生理劣變

Fig1.Translucency sympton ona pine-apple flesh.

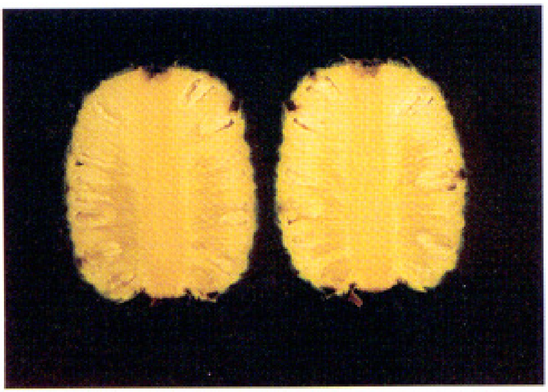

圖2.未成熟鳳梨果實果肉水浸狀生理劣變

Fig2.Translucency svmptom on an immature pineapple flesh.

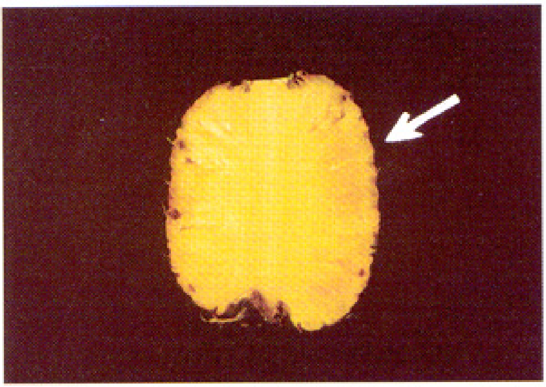

圖3.鳳梨倒伏果受陽面果肉水浸狀生理劣變

Fig3.Translucency symptom on the exposed prtion of a lodged pineapple fles.

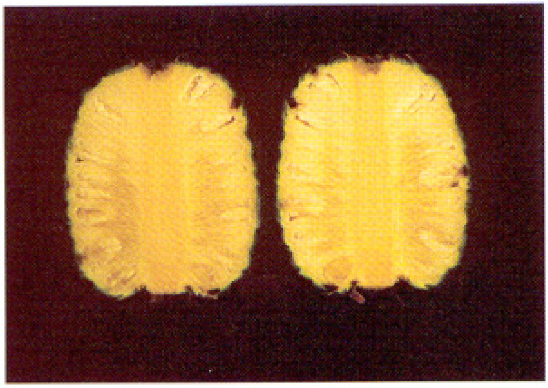

圖4.熱處理誘導之未成熟鳳梨果實果肉水浸狀生理劣變

Fig4.Translucency symptom induced by heat treatment on an immature pineapple flesh.